



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 43 00 530 A 1**

⑤① Int. Cl.⁵:
F02 D 41/14

②① Aktenzeichen: P 43 00 530.6
②② Anmeldetag: 12. 1. 93
④③ Offenlegungstag: 14. 7. 94

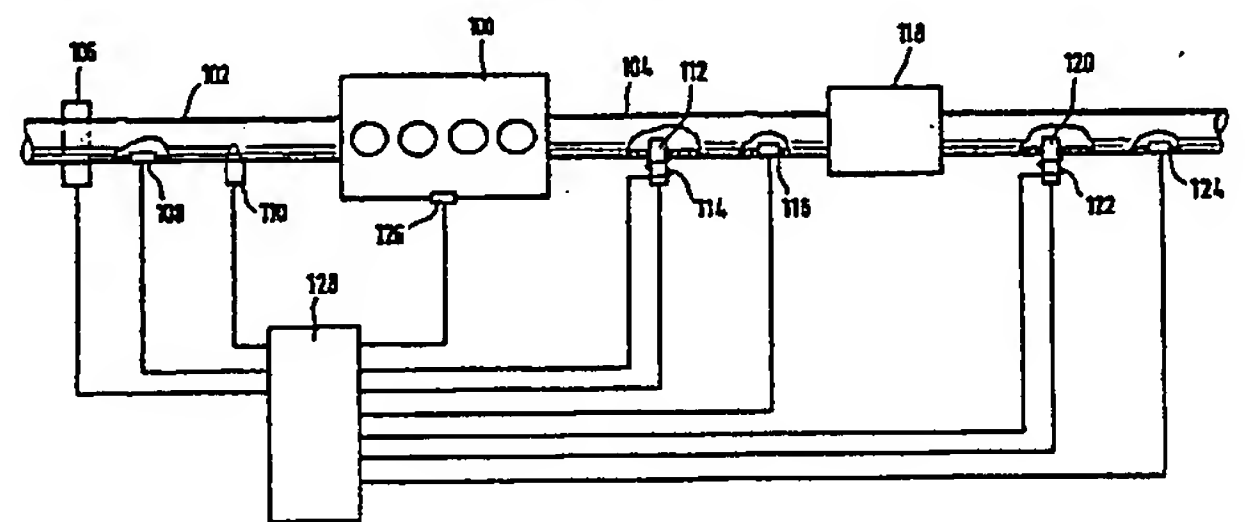
DE 43 00 530 A 1

⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Schnaibel, Eberhard, Dipl.-Ing., 7241 Hemmingen, DE;
Schneider, Erich, Dipl.-Ing., 7125 Kirchheim, DE;
Henkelmann, Konrad, Dipl.-Ing., 7259 Friolzheim, DE;
Blischke, Frank, Dr.-Ing. Dr., 7000 Stuttgart, DE;
Mallebrein, Georg, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

⑤④ System zum Betreiben eines Heizelements für einen keramischen Sensor in einem Kraftfahrzeug

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein System zum Betreiben eines Heizelements (114) eines keramischen Sensors (112), der im Abgaskanal (104) einer Brennkraftmaschine (100) angebracht ist und durch das Heizelement (114) aufheizbar ist. Befindet sich die Brennkraftmaschine (100) in einem Betriebszustand, in dem damit zu rechnen ist, daß im Abgaskanal (114) der Brennkraftmaschine (100) Flüssigkeit vorhanden ist, so wird das Heizelement (114) nicht in Betrieb genommen oder so angesteuert, daß der keramische Sensor (112) unterhalb einer kritischen Temperatur (T_{SeK}) betrieben wird. Oberhalb der kritischen Temperatur (T_{Se}) besteht die Gefahr, daß der keramische Sensor (112) durch Kontakt mit Flüssigkeit beschädigt wird.



DE 43 00 530 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05. 94 408 028/180

12/34

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein System zum Betreiben eines Heizelements für einen keramischen Sensor in einem Kraftfahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein solches System zum Betreiben eines Heizelements für einen keramischen Sensor in einem Kraftfahrzeug ist aus der US-PS 4 348 583 bekannt. Dort wird ein Heizelement in einem ersten Zeitintervall mit einem konstanten Strom beaufschlagt. In einem zweiten Zeitintervall wird der Strom gepulst, so daß im zweiten Zeitintervall mit reduzierter Leistung geheizt wird. Mit dieser Art der Ansteuerung des Heizelements wird während des ersten Zeitintervalls eine hohe Heizleistung zur Verfügung gestellt, um eine gewünschte Temperatur möglichst schnell zu erreichen. Im zweiten Zeitintervall wird mit reduzierter Leistung geheizt, um die Temperatur zu halten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem System der eingangs genannten Art zum Betreiben eines Heizelements für einen keramischen Sensor in einem Kraftfahrzeug abhängig vom Betriebszustand einer das Kraftfahrzeug antreibenden Brennkraftmaschine unterschiedliche Sensortemperaturen einzustellen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, den keramischen Sensor vor Beschädigung durch auftretende Flüssigkeit zu schützen. Gleichzeitig soll der keramische Sensor möglichst schnell betriebsbereit sein und die Sensorsignale sollen möglichst wenig beeinträchtigt werden. Weiterhin soll die Erfindung einen Schutz des keramischen Sensors ganz ohne bauliche Veränderungen des Sensors bzw. mit nur geringen baulichen Veränderungen ermöglichen und kostengünstig sein.

Diese Aufgabe wird durch den Anspruch 1 und die nachfolgend gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung besitzt den Vorteil, daß sie eine auf den jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine abgestimmte Einstellung der Temperatur TSe des keramischen Sensors ermöglicht. Es ist ein erster Betriebszustand (Phase I) der Brennkraftmaschine definiert, in dem damit zu rechnen ist, daß im Abgaskanal der Brennkraftmaschine Flüssigkeit vorhanden ist und ein zweiter Betriebszustand (Phase II), in dem nicht damit zu rechnen ist, daß im Abgaskanal der Brennkraftmaschine Flüssigkeit vorhanden ist. Wenn sich die Brennkraftmaschine im ersten Betriebszustand befindet, wird das Heizelement nicht in Betrieb genommen oder das Heizelement wird so angesteuert, daß der keramische Sensor unterhalb einer kritischen Temperatur TSeK betrieben wird. Die kritische Temperatur TSeK wird so gewählt, daß beim Betrieb des keramischen Sensors unterhalb der kritischen Temperatur TSeK keine nennenswerte Gefahr einer Beschädigung des keramischen Sensors bei Kontakt mit Flüssigkeit besteht. Befindet sich die Brennkraftmaschine im zweiten Betriebszustand, so kann die Ansteuerung des Heizelements beispielsweise auf eine optimale Betriebstemperatur des keramischen Sensors ausgerichtet sein.

Die Unterscheidung der beiden genannten Betriebszustände bei der Ansteuerung des Heizelements hat den

Vorteil, daß die Gefahr einer Beschädigung des keramischen Sensors durch Kontakt mit Flüssigkeit ausgeräumt wird und sich somit die Lebensdauer des keramischen Sensors verlängern läßt, ohne daß konstruktive Änderungen am Sensor vorgenommen werden müssen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß unterschiedlich aufwendige Maßnahmen zum Schutz des keramischen Sensors zur Verfügung stehen, mit denen sich in einem weiten Einsatzbereich ein guter Kompromiß zwischen Aufwand und Nutzen erzielen läßt. Je nach Ausführungsbeispiel wird das Heizelement während des ersten Betriebszustands der Brennkraftmaschine nicht in Betrieb genommen oder mit reduzierter Leistung betrieben oder zunächst mit hoher und anschließend mit reduzierter Leistung betrieben. Der Übergang von der hohen zur reduzierten Leistung erfolgt, wenn seit dem Start der Brennkraftmaschine eine wählbare Zeitspanne verstrichen ist oder wenn davon auszugehen ist, daß die Temperatur TSe des keramischen Sensors einen Schwellwert TSe1 überschritten hat. Ob der Schwellwert TSe1 überschritten ist, kann aus den temperaturabhängigen Eigenschaften des keramischen Sensors oder dem Signal eines in thermischen Kontakt mit dem keramischen Sensor stehenden Temperatursensors ermittelt werden.

Von den drei genannten Maßnahmen zum Schutz des keramischen Sensors bietet die letzte den Vorteil, daß der keramische Sensor sehr schnell auf die unter den gegebenen Umständen höchstzulässige Temperatur geheizt wird. Dadurch wird erreicht, daß die optimale Betriebstemperatur des keramischen Sensors innerhalb kurzer Zeit nach dem Übergang vom ersten in den zweiten Betriebszustand der Brennkraftmaschine eingestellt werden kann. Allen drei Maßnahmen zum Schutz des keramischen Sensors ist gemeinsam, daß sie nur dann ergriffen werden, wenn es erforderlich ist, d. h. während des ersten Betriebszustands.

Der erste Betriebszustand liegt nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine vor. Von einem Kaltstart geht man aus, falls die Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine beim Start unterhalb eines Schwellwerts TKM1 liegt. Der Übergang vom ersten zum zweiten Betriebszustand der Brennkraftmaschine erfolgt dann, wenn seit Beginn des ersten Betriebszustands eine wählbare Zeitspanne verstrichen ist oder wenn davon auszugehen ist, daß die Temperatur TAbg der Abgasanlage in der Umgebung des keramischen Sensors einen Schwellwert TTau überschritten hat. Letzteres kann aus dem Signal eines Temperatursensors, der in der Umgebung des keramischen Sensors angebracht ist oder aus einem Modell, das die Temperatur TAbg der Abgasanlage in der Umgebung des keramischen Sensors näherungsweise beschreibt, ermittelt werden.

In dem Modell wird die seit dem Starten der Brennkraftmaschine angesaugte Luftmenge oder Luftmasse aufintegriert und das Integral wird mit einem Schwellwert verglichen. Die Vielzahl der hier dargestellten Kriterien, nach denen der Übergang vom ersten zum zweiten Betriebszustand ermittelt werden kann, erschließen der Erfindung ein weites Einsatzgebiet, indem sie viel Freiraum für die Berücksichtigung der jeweiligen technischen Gegebenheiten bieten.

Besonders vorteilhaft läßt sich das erfindungsgemäße System bei einer Sauerstoff-Sonde einsetzen, die im Abgaskanal der Brennkraftmaschine in Stromrichtung der Abgase gesehen vor oder nach einem Katalysator angebracht ist.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit den erfindungswesentlichen Komponenten,

Fig. 2 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Systems zum Betrieb eines Heizelements für eine Sauerstoff-Sonde,

Fig. 3 Diagramme für den zeitlichen Verlauf der dem Heizelement zugeführten elektrischen Leistung (oben), der Temperatur TSe der Sauerstoff-Sonde (Mitte) und der Temperatur TAbg der Abgasanlage in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde (unten) und

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Einrichtung, mit der ermittelt werden kann, ob die Temperatur TSe der Sauerstoff-Sonde einen Schwellwert TSe1 überschritten hat.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird im folgenden am Beispiel einer Sauerstoff-Sonde, die sich im Abgaskanal einer Brennkraftmaschine befindet, beschrieben. Prinzipiell ist ein Einsatz im Zusammenhang mit beliebigen beheizbaren keramischen Sensoren im Abgaskanal der Brennkraftmaschine denkbar. Die Sauerstoff-Sonde dient dazu, den Sauerstoffgehalt des Abgases zu erfassen und einer Einrichtung zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zur Verfügung zu stellen. Bislang wurde die Sauerstoff-Sonde in der Regel sehr weit vorne im Abgaskanal, d. h. nahe der Brennkraftmaschine, angebracht, um eine schnelle Erwärmung der Sauerstoff-Sonde durch die Abgase der Brennkraftmaschine zu gewährleisten. Um die Sauerstoff-Sonde noch schneller aufzuheizen ist sie in der Regel mit einem elektrischen Heizelement versehen. Des weiteren kann durch das Heizelement sichergestellt werden, daß die Sauerstoff-Sonde auch unter Betriebsbedingungen, unter denen die Abgastemperatur niedrig ist und/oder nur eine sehr geringe Menge an Abgas vorhanden ist, auf Betriebstemperatur gehalten wird.

Bei einer Montage der Sauerstoff-Sonde nahe der Brennkraftmaschine kann es aber zu Problemen kommen:

1. Wenn die Brennkraftmaschine längere Zeit bei hoher Leistung betrieben wird, fällt eine große Menge sehr heißer Abgase an, durch die die Sauerstoff-Sonde möglicherweise auf unzulässig hohe Temperaturen aufgeheizt wird. Dadurch kann sich die Lebensdauer der Sauerstoff-Sonde verkürzen.

2. Es ist in der Regel schwierig, im Abgaskanal nahe der Brennkraftmaschine eine geeignete Einbaustelle für die Sauerstoff-Sonde zu finden, von der aus die Abgase aller Zylinder der Brennkraftmaschine erfaßt werden können.

Diese Schwierigkeiten lassen sich umgehen, indem man die Sauerstoff-Sonde stromabwärts, d. h. weg von der Brennkraftmaschine, im Abgaskanal anbringt. Diese zweite Art der Montage wirft allerdings ein neues Problem auf. In der Anfangsphase nach Start der kalten Brennkraftmaschine ist der Abgaskanal stromauf der Sauerstoff-Sonde noch relativ kalt. Dadurch kommt es zur Kondensation des im Abgas enthaltenen Wassers. Werden die kondensierten Wassertröpfchen beispielsweise von der Wandung des Abgaskanals durch vorbeist

strömende Abgase losgerissen und auf die Sauerstoff-Sonde geschleudert, so wird die Sauerstoff-Sonde an den Auftreffstellen lokal sehr rasch abgekühlt. Diese Abkühlung kann zu einer Beschädigung der Sauerstoff-Sonde, beispielsweise Risse in der Keramik, führen. Das Risiko der Beschädigung ist besonders hoch, wenn sich die Sauerstoff-Sonde schon auf einer hohen Temperatur befindet. Die Erfindung sieht vor, die Temperatur TSe der Sauerstoff-Sonde durch entsprechende Ansteuerung des Heizelements derart zu beeinflussen, daß das Risiko einer Beschädigung der Sauerstoff-Sonde durch auftretendes Kondenswasser sehr gering gehalten werden kann.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine 100 mit den erfindungswesentlichen Komponenten. An der Brennkraftmaschine 100 sind ein Ansaugtrakt 102 und ein Abgaskanal 104 angebracht. Im Ansaugtrakt 102 der Brennkraftmaschine 100 befinden sich — in Stromrichtung der angesaugten Luft gesehen — der Reihe nach ein Luftmassen- oder Luftmengenmesser 106, ein Sensor 108 zur Erfassung der Temperatur der angesaugten Luft und eine Einspritzdüse 110. Im Abgaskanal 104 der Brennkraftmaschine 100 befinden sich — in Stromrichtung der Abgase gesehen — eine Sauerstoff-Sonde 112 mit Heizelement 114, ein Sensor 116 zur Erfassung der Temperatur TAbg der Abgase oder der Wandung des Abgaskanals 104 in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112, ein Katalysator 118 und optional eine weitere Sauerstoff-Sonde 120 mit Heizelement 122 und ein weiterer Sensor 124 zur Erfassung der Temperatur TAbg der Abgase oder der Wandung des Abgaskanals 104 in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 120. An der Brennkraftmaschine 100 ist ein Sensor 126 zur Erfassung der Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine 100 angebracht. Ein Steuergerät 128 ist über Zuleitungen mit dem Luftmassen- oder Luftmengenmesser 106 dem Sensor 108, der Einspritzdüse 110, der Sauerstoff-Sonde 112, dem Heizelement 114, dem Sensor 116, der Sauerstoff-Sonde 120, dem Heizelement 122, dem Sensor 124 und dem Sensor 126 verbunden.

Die Sauerstoff-Sonde 120 ist zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses nicht unbedingt erforderlich, so daß heutige Systeme aus Kostengründen häufig nur mit der Sauerstoff-Sonde 112 ausgestattet sind. Für die Zukunft scheint ein Zwei-Sonden-Konzept, das sowohl die Sauerstoff-Sonde 112 als auch die Sauerstoff-Sonde 120 enthält, aber an Bedeutung zu gewinnen. Für die weiter unten folgende Beschreibung des Funktionsprinzips der Erfindung wird ein Ausführungsbeispiel mit nur einer Sauerstoff-Sonde 112 herangezogen. Die Übertragung auf ein Ausführungsbeispiel mit zwei Sauerstoff-Sonden 112 und 120 ist sehr einfach, da jedes Heizelement 114, 122 für sich nach dem gleichen Prinzip wie beim Ausführungsbeispiel mit nur einer Sauerstoff-Sonde 112 angesteuert wird. Eine getrennte Ansteuerung ist deshalb erforderlich, weil in der Regel davon auszugehen ist, daß die Sauerstoff-Sonden 112 und 120 unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt sind. Besonders groß können die Unterschiede nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine 100 sein. Dann besitzt der Katalysator 118 eine niedrige Temperatur — in der Regel ungefähr Umgebungstemperatur — und kann zunächst große Mengen an Kondenswasser speichern, so daß die Abgase auf dem Weg von der Sauerstoff-Sonde 112 zur Sauerstoff-Sonde 120 abgekühlt und mit Flüssigkeit angereichert werden. Die Gefahr der Beschädigung durch Kontakt mit Flüssigkeit besteht somit bei der Sauerstoff-Sonde

120 für einen wesentlich längeren Zeitraum als bei der Sauerstoff-Sonde 112, so daß die Schutzmaßnahmen für die Sauerstoff-Sonde 120 dementsprechend länger aufrecht zu erhalten sind.

Im folgenden soll das Funktionsprinzip der Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels mit nur einer Sauerstoff-Sonde 112 erläutert werden:

Nach Starten der Brennkraftmaschine 100 wird zunächst ermittelt in welchem Betriebszustand sich die Brennkraftmaschine 100 befindet. Es wird zwischen zwei Betriebszuständen unterschieden:

In einem ersten Betriebszustand ist davon auszugehen, daß im Abgaskanal 104 in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 Flüssigkeit, in der Regel Kondenswasser vorhanden ist. In einem zweiten Betriebszustand ist davon auszugehen, daß im Abgaskanal 104 in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 keine Flüssigkeit vorhanden ist. Eine Gefahr der Beschädigung der Sauerstoff-Sonde 112 durch Kontakt mit Flüssigkeit besteht somit nur beim ersten Betriebszustand und folglich sind auch nur während des ersten Betriebszustands Maßnahmen zum Schutz der Sauerstoff-Sonde 112 zu treffen.

Der erste Betriebszustand liegt in der Regel nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine 100 vor, solange die Temperatur T_{Abg} des Abgaskanals in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 niedriger ist als die Taupunkt-Temperatur T_{Tau} von ca. 50–60°C. Der Zeitraum, innerhalb dessen sich die Brennkraftmaschine im ersten Betriebszustand befindet, wird im folgenden als Phase I bezeichnet. Wird die Taupunkt-Temperatur T_{Tau} überschritten, so erfolgt ein Übergang zum zweiten Betriebszustand und es beginnt eine Phase II.

Um zu ermitteln ob ein Kaltstart vorliegt, wird unmittelbar vor oder unmittelbar nach Starten der Brennkraftmaschine 100 das Signal des Sensors 126, der die Temperatur des Kühlmittels der Brennkraftmaschine 100 erfaßt, ausgewertet. Ergibt die Auswertung, daß die Temperatur des Kühlmittels größer ist als ein Schwellwert $TKM1$, der beispielsweise 75°C beträgt, so liegt kein Kaltstart vor. Die Brennkraftmaschine 100 befindet sich im zweiten Betriebszustand und es sind keine weitergehenden Maßnahmen zum Schutz der Sauerstoff-Sonde 112 vor Beschädigung durch Kontakt mit Flüssigkeit erforderlich, d. h. die Ansteuerung des Heizelements 114 unterliegt in diesem Zusammenhang keinen Beschränkungen. Ist die Temperatur des Kühlmittels dagegen kleiner als der Schwellwert $TKM1$, so liegt ein Kaltstart vor und es ist zunächst davon auszugehen, daß sich die Brennkraftmaschine 100 im ersten Betriebszustand befindet. Demgemäß sind solange Maßnahmen zum Schutz der Sauerstoff-Sonde 112 zu treffen, bis der zweite Betriebszustand erreicht ist. Diese Maßnahmen sollen jeweils verhindern, daß die Sauerstoff-Sonde 112 durch das Heizelement 114 während der Phase I auf Temperaturen geheizt wird, bei dem die Gefahr einer Beschädigung der Sauerstoff-Sonde 112 durch Kontakt mit Flüssigkeit besteht. Im einzelnen stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

Maßnahme 1:

Das Heizelement 114 bleibt ausgeschaltet.

Maßnahme 2:

Das Heizelement 114 wird mit gegenüber seiner Nennleistung $P1$ reduzierter Leistung $P2$ betrieben.

Maßnahme 3:

Das Heizelement 114 wird anfangs mit seiner Nennleistung $P1$ betrieben und dann, wenn davon auszugehen ist, daß die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 einen Schwellwert T_{Se1} überschritten hat, wird die Heizleistung P derart reduziert, daß die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 nicht mehr oder nur noch geringfügig steigt. Der Schwellwert T_{Se1} liegt ca. 50 K unterhalb einer kritischen Temperatur T_{SeK} von z. B. 300 bis 350°C, oberhalb derer die Gefahr der Beschädigung der Sauerstoff-Sonde 112 bei Kontakt mit Flüssigkeit besteht. Die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 kann aus der Zeit, die seit dem Einschalten des Heizelements 114 verstrichen ist, abgeschätzt werden oder aus den Ausgangssignalen der Sauerstoff-Sonde 112 oder aus den Signalen eines Temperatursensors, der sich in thermischen Kontakt mit der Sauerstoff-Sonde 112 befindet oder nach anderen dem Fachmann geläufigen Verfahren ermittelt werden.

Der Zeitpunkt, zu dem Phase I endet und Phase II beginnt, kann entweder aus Erfahrungswerten, die während der Applikation gesammelt wurden, näherungsweise festgelegt werden (Möglichkeit 1) oder folgendermaßen ermittelt werden:

Möglichkeit 2:

Aus den Signalen des Temperatursensors 116 wird ermittelt ob die Taupunkt-Temperatur T_{Tau} in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 überschritten ist.

Möglichkeit 3:

Aus einem mathematischen Modell für die Abgastemperatur, in das die seit Starten der Brennkraftmaschine 100 aufsummierte Luftmenge bzw. Luftmasse eingeht, wird ermittelt, ob die Taupunkt-Temperatur T_{Tau} in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 überschritten ist.

Denkbar wäre auch der Einsatz eines Feuchtigkeitsensors in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112, um zu ermitteln, ob der erste oder der zweite Betriebszustand der Brennkraftmaschine 100 vorliegt. Im Augenblick kommt dieser Variante aus Kostengründen noch keine große Bedeutung zu. Dies könnte sich im Laufe der technischen Entwicklung aber durchaus ändern.

Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Systems zum Betreiben des Heizelements 114 einer Sauerstoff-Sonde 112. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird während der Phase I die obenbeschriebene Maßnahme 3 ergriffen und der Übergang von Phase I nach Phase II wird gemäß einer der obenbeschriebenen Möglichkeiten 1, 2 oder 3 ermittelt.

Das Flußdiagramm beginnt mit einem ersten Schritt 200, in dem die Brennkraftmaschine 100 gestartet wird. Anschließend wird in einem Schritt 202 abgefragt, ob die Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine 100 kleiner ist als der Schwellwert $TKM1$. Ist diese Bedingung erfüllt, so schließt sich ein Schritt 204 an. Im Schritt 204 wird das Heizelement 114 mit Nennleistung $P1$ in Betrieb genommen. Danach wird in Schritt 206 abgefragt, ob die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 den Schwellwert T_{Se1} überschritten hat. Diese Abfrage wird solange wiederholt, bis die abgefragte Bedingung erfüllt ist. Ist die Bedingung erfüllt, so folgt Schritt 208. In Schritt 208 wird abgefragt, ob davon auszugehen ist,

daß Flüssigkeit in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 vorhanden ist. Zur Beantwortung dieser Frage wird wenigstens eine der drei obengenannten Möglichkeiten 1, 2 oder 3 herangezogen. Ist die Bedingung 208 erfüllt, so schließt sich ein Schritt 210 an, in dem veranlaßt wird, daß das Heizelement 114 mit relativ zu seiner Nennleistung P_1 reduzierter Leistung P_2 betrieben wird. Die Reduzierung der Leistung P läßt sich beispielsweise durch Takten des durch das Heizelement 114 fließenden elektrischen Stroms erreichen. Auf Schritt 210 folgt wieder Schritt 208. Ist Bedingung 208 nicht erfüllt, so folgt Schritt 212, in dem veranlaßt wird, daß das Heizelement 114 mit Nennleistung P_1 betrieben wird. Zu Schritt 212 kann man auch direkt von Schritt 202 aus gelangen, und zwar dann, wenn die Bedingung des Schrittes 202 nicht erfüllt ist, d. h. wenn kein Kaltstart vorliegt und somit auch keine Maßnahmen zum Schutz der Sauerstoff-Sonde 112 vor Beschädigung durch Kontakt mit Flüssigkeit erforderlich sind.

Fig. 3 zeigt Diagramme für den zeitlichen Verlauf der dem Heizelement 114 zugeführten elektrischen Leistung P (oben), der Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 (Mitte) und der Temperatur T_{Abg} in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 (unten). Die Zeitskala der Abszisse beginnt bei jedem der drei Diagramme mit dem Starten der Brennkraftmaschine 100 oder mit dem Einschalten des Heizelements 114 bei $t = t_0$. Die weiter oben bereits näher definierte Phase I ist in zwei Teilphasen unterteilt. Eine Teilphase Ia und eine sich anschließende Teilphase Ib. An Teilphase Ib schließt sich Phase II an. Die einzelnen Phasen bzw. Teilphasen sind durch vertikale gestrichelte Linien voneinander getrennt.

Sämtliche Kurvenverläufe der Fig. 3 beschreiben den Fall, bei dem die Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine 100 unmittelbar vor oder unmittelbar nach dem Start der Brennkraftmaschine 100 unterhalb des Schwellwerts TKM_1 liegt, d. h. es liegt ein Kaltstart vor. Bezieht man sich auf das in Fig. 2 dargestellte Flußdiagramm, so bedeutet dies, daß die in Schritt 202 abgefragte Bedingung erfüllt ist. Folglich wird entsprechend Schritt 204 des Flußdiagramms der Fig. 2 das Heizelement 114 zunächst mit Nennleistung P_1 betrieben, beispielsweise 18 W. Dies kann aus dem oberen Diagramm der Fig. 3 abgelesen werden, bei dem auf der Ordinate die dem Heizelement 114 zugeführte elektrische Leistung P aufgetragen ist. Während der Teilphase Ia liegt die elektrische Leistung P konstant beim Wert P_1 .

Im mittleren Diagramm der Fig. 3 ist auf der Ordinate die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 aufgetragen. Innerhalb der Teilphase Ia ist ein Anstieg der Temperatur T_{Se} ab der Zeit $t = t_0$ als Folge der Beheizung durch das Heizelement 114 zu erkennen. Der Temperaturanstieg wird zusätzlich durch das an der Sauerstoff-Sonde 112 vorbeistreichende Abgas beeinflusst.

Im unteren Diagramm der Fig. 3 ist auf der Ordinate die Temperatur T_{Abg} des Abgases bzw. des Abgaskanals 104 aufgetragen. Die Temperatur T_{Abg} steigt zunächst ab der Zeit $t = t_0$ stark an und strebt dann gegen Ende der Teilphase Ia einem konstanten Wert von ca. 50 bis 60°C zu, also etwa der Taupunkt-Temperatur T_{Tau} .

Der Endpunkt der Teilphase Ia ist dann erreicht, wenn die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 den Schwellwert T_{Se1} , beispielsweise 250 bis 300°C, überschreitet. Im Flußdiagramm der Fig. 2 ist das der Fall, wenn die Bedingung der Abfrage 206 erstmals erfüllt ist. Zu diesem Zeitpunkt endet die Teilphase Ia und es beginnt die Teilphase Ib. Die elektrische Leistung P , mit der das Heizelement 114 beaufschlagt wird, wird auf

einen reduzierten Wert P_2 , beispielsweise 11 W, abgesenkt (siehe Fig. 3, oberes Diagramm). Die Reduzierung der elektrischen Leistung P hat zur Folge, daß die Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 einen annähernd konstanten Wert annimmt (siehe Fig. 3, mittleres Diagramm).

Der Zeitpunkt des Übergangs von Teilphase Ib nach Phase II ergibt sich aus dem zeitlichen Verlauf der Temperatur T_{Abg} . Die Temperatur T_{Abg} in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 ist nach einem Anstieg ab der Zeit $t = t_0$ für einen größeren Zeitraum in den Teilphasen Ia und Ib annähernd konstant und beträgt ca. 50 bis 60°C, was ungefähr der Taupunkt-Temperatur T_{Tau} entspricht. T_{Abg} verharrt auf diesem Wert, bis die Flüssigkeit im Abgaskanal 104 in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 und stromaufwärts vollständig in den gasförmigen Zustand übergegangen ist. Der Anstieg der Temperatur T_{Abg} gegen Ende der Teilphase Ib weist somit darauf hin, daß in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist. Aus diesem Grund fällt der Zeitpunkt für den Übergang von Teilphase Ib nach Phase II mit einem Anstieg der Temperatur T_{Abg} über die Taupunkt-Temperatur T_{Tau} zusammen.

Aus dem oberen Diagramm der Fig. 3 kann man entnehmen, daß mit Beginn der Phase II die elektrische Leistung P , mit der das Heizelement 114 beaufschlagt wird, von P_2 auf P_1 erhöht wird. Dies entspricht dem Schritt 212 des Flußdiagramms aus Fig. 2, der dann ausgeführt wird, wenn die in Schritt 208 abgefragte Bedingung nicht erfüllt ist. Wie aus dem mittleren Diagramm der Fig. 3 zu sehen ist, hat die Erhöhung der elektrischen Leistung P eine Erhöhung der Temperatur T_{Se} der Sauerstoff-Sonde 112 zur Folge.

Das erfindungsgemäße System arbeitet umso zuverlässiger, je genauer die Zeitpunkte für den Übergang von Teilphase Ia nach Ib und für den Übergang von Teilphase Ib nach Phase II festgelegt werden können. Im folgenden wird anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele dargelegt, wie man diese Zeitpunkte ermitteln kann.

Die Eigenschaften keramischer Sensoren sind häufig temperaturabhängig, so daß die Temperatur T_{Se} der Sensoren in diesen Fällen ohne zusätzliche Thermoelemente aus dem Verhalten der Sensoren ermittelt werden kann. Dies gilt auch für die hier beschriebene Sauerstoff-Sonde 112, deren elektrischer Widerstand mit steigender Temperatur stark abnimmt.

Fig. 4 zeigt eine an sich bekannte Schaltung, mit der aus dem elektrischen Widerstand der Sauerstoff-Sonde 112 ermittelt wird, ob die Sauerstoff-Sonde 112 einen Schwellwert T_{Se1} überschritten hat, d. h. die Schaltung dient dazu, den Zeitpunkt des Übergangs von Teilphase Ia nach Teilphase Ib zu ermitteln.

Als Ersatzschaltbild für die Sauerstoff-Sonde 120 (strichpunktiert gezeichnet) kann eine Reihenschaltung aus einer Spannungsquelle 400 und einem Widerstand 402 dienen. Parallel zu dieser Reihenschaltung ist ein Widerstand 404, z. B. 51 kOhm, geschaltet. Der Spannungsabfall am Widerstand 404, der ein Bestandteil des Steuergeräts 128 (strichpunktiert gezeichnet) ist, wird erfaßt und ausgewertet, was durch einen Spannungsmesser 406 angedeutet ist. Die Sauerstoff-Sonde 112 besitzt im kalten Zustand einen Widerstand 402 von etwa 10 MOhm und im heißen Zustand von etwa 50 Ohm. Die am Widerstand 404 abfallende Spannung hängt vom Widerstand 402 der Sauerstoff-Sonde 112 ab und ermöglicht somit Rückschlüsse auf die Temperatur

TSe der Sauerstoff-Sonde 112.

Neben der Widerstandsänderung tritt bei Temperaturerhöhung der Sauerstoff-Sonde 112 ein weiterer Effekt auf. In der Regel liefert die Sauerstoff-Sonde 112 bereits unterhalb der kritischen Temperatur TSeK eine Spannung, die vom Sauerstoffgehalt des Abgases abhängt, beispielsweise ab Überschreiten des Schwellwerts TSe1. Somit existiert in der Regel ein Temperaturbereich, in dem die Sauerstoff-Sonde 112 betriebsbereit ist ohne daß eine nennenswerte Gefahr einer Beschädigung bei Kontakt mit Flüssigkeit besteht.

Folglich besteht bereits in der Anfangsphase nach dem Kaltstart (Phase I) die Möglichkeit, die Sauerstoff-Sonde 112 auf Betriebstemperatur zu bringen und somit eine Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu ermöglichen, ohne daß die Gefahr einer Beschädigung der Sauerstoff-Sonde 112 durch Kontakt mit Flüssigkeit in Kauf genommen werden muß, d. h. die Sauerstoff-Sonde wird in diesem Fall im Temperaturbereich zwischen dem Schwellwert TSe1 und der kritischen Temperatur TSeK betrieben. Die nach Motorstart frühestmögliche Inbetriebnahme der Sauerstoff-Sonde 112 ist im Sinne einer möglichst geringen Schadstoffemission dringend erwünscht. Eine weitere Erhöhung der Temperatur TSe der Sauerstoff-Sonde 112 in Phase II ist trotzdem erforderlich, da die Sauerstoff-Sonde 112 bei höheren Temperaturen viele funktionelle Vorteile aufweist.

Der Zeitpunkt des Übergangs von Teilphase Ib nach Phase II läßt sich mit dem folgenden Verfahren auch ohne den Temperatursensor 116 ermitteln, d. h. der Temperatursensor 116 ist für das erfindungsgemäße System nicht unbedingt erforderlich und kann auch entfallen. Dann wird mittels eines Modells, das den Temperaturverlauf der Abgase nachbildet, ermittelt, wann die Abgase die Taupunkt-Temperatur TTau überschritten haben. Als Eingangsgröße wird die vom Luftmassen- oder Luftmengenmesser 106 erfaßte Luftmasse oder Luftmenge in das Modell eingespeist. Im Modell wird die Luftmasse oder Luftmenge aufintegriert und das Integral wird mit einem empirisch ermittelten Schwellwert verglichen. Der Schwellwert stellt die von der Brennkraftmaschine 100 seit dem Kaltstart insgesamt angesaugte Luftmasse oder Luftmenge dar, bei der die Temperatur TAbg erfahrungsgemäß die Taupunkt-Temperatur TTau übersteigt. Sobald der im Rahmen des Modells durchgeführte Vergleich ergibt, daß der Schwellwert erreicht ist, ist davon auszugehen, daß die Temperatur TAbg die Taupunkt-Temperatur TTau überschritten hat.

Bei der empirischen Ermittlung des Schwellwerts für die aufintegrierte Luftmasse oder Luftmenge während der Applikationsphase ist zu beachten, für welchen Abschnitt des Abgaskanals 104 das Modell angewendet werden soll. So ist der Schwellwert für die Umgebung der Sauerstoff-Sonde 120 wesentlich größer als der Schwellwert für die Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112. Der Unterschied wird im wesentlichen dadurch hervorgerufen, daß im Falle der Sauerstoff-Sonde 120 den Abgasen große Wärmeenergiemengen zur Aufheizung des Katalysators 118 entzogen werden und damit ein Verdunsten des im Katalysator 118 anfallenden Kondenswassers 118 verzögert wird. Erst wenn das Kondenswasser stromauf der Sauerstoff-Sonde 120 vollständig verdunstet ist, steigt die Temperatur TAbg des Abgases in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 120 über die Taupunkt-Temperatur TTau an.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Systems ist es auch möglich, das Heizelement 114 schon vor dem Start

der Brennkraftmaschine 100 in Betrieb zu nehmen. In diesem Zusammenhang wird die Inbetriebnahme durch einen Vorgang ausgelöst, der zeitlich vor dem Start der Brennkraftmaschine 100 liegt, beispielsweise Öffnen der Fahrzeugtür, Einschalten der Innenraumbeleuchtung, Betätigung des Gurtschlusses oder Belastung des Fahrersitzes. Dadurch läßt sich die Zeit zwischen dem Start der Brennkraftmaschine 100 und der Betriebsbereitschaft der Sauerstoff-Sonde 112 verkürzen, was z. B. in Zusammenhang mit einem beheizbaren Katalysator wichtig sein kann. Auch bei dieser Variante können die geschilderten Maßnahmen zum Schutz der Sauerstoff-Sonde 112 eingesetzt werden.

Die Temperatur TAbg repräsentiert die Temperatur in der Umgebung der Sauerstoff-Sonde 112 bzw. 120. Je nach Ausführungsbeispiel kann es sich dabei um die Temperatur der Abgase, der Wandung des Abgaskanals 104 oder des Katalysators 118 handeln. Falls die Möglichkeit besteht, mehrere dieser Temperaturen zu erfassen, kann TAbg auch durch Mittelung über wenigstens zwei dieser Temperaturen ermittelt werden.

Statt der Kühlmitteltemperatur kann auch die Temperatur der Wandung des Abgaskanals (104) oder die Temperatur des Katalysators (118) herangezogen werden, um zu ermitteln, ob ein Kaltstart der Brennkraftmaschine (100) vorliegt. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß ein entsprechender Temperatursensor vorhanden ist. Falls beim Start der Brennkraftmaschine (100) die von diesem Sensor erfaßte Temperatur kleiner ist als die Taupunkttemperatur (TTau), liegt ein Kaltstart vor.

Patentansprüche

1. System zum Betreiben eines Heizelements (114) eines keramischen Sensors (112), der im Abgaskanal (104) einer Brennkraftmaschine (100) angebracht ist und durch das Heizelement (114) aufheizbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß

— das Heizelement (114) abhängig davon angesteuert wird, in welchem Betriebszustand sich die Brennkraftmaschine (100) befindet,

— ein erster Betriebszustand (Phase I) der Brennkraftmaschine (100) definiert ist, in dem damit zu rechnen ist, daß im Abgaskanal (114) der Brennkraftmaschine (100) Flüssigkeit vorhanden ist,

— ein zweiter Betriebszustand (Phase II) der Brennkraftmaschine (100) definiert ist, in dem nicht damit zu rechnen ist, daß im Abgaskanal (114) der Brennkraftmaschine (100) Flüssigkeit vorhanden ist und

— das Heizelement (114) nicht in Betrieb genommen wird oder das Heizelement (114) so angesteuert wird, daß der keramische Sensor (112) unterhalb einer kritischen Temperatur (TSeK) betrieben wird, wenn sich die Brennkraftmaschine im ersten Betriebszustand (Phase I) befindet.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Betriebszustand (Phase I) der Brennkraftmaschine (100) vorliegt, falls beim Start der Brennkraftmaschine (100) die Kühlmitteltemperatur unterhalb eines Schwellwerts (TKM1) liegt oder falls die Temperatur (TAbg) der Abgasanlage unterhalb eines Schwellwerts (TTau) liegt.

3. System nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Heizelement (114) des ke-

ramischen Sensors (112) während des ersten Betriebszustands (Phase I) der Brennkraftmaschine (100) mit reduzierter Leistung (P2) betrieben wird.

4. System nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Heizelement (114) des keramischen Sensors (112) während des ersten Betriebszustands (Phase I) der Brennkraftmaschine (100) zunächst (Teilphase Ia) mit hoher (P1) und anschließend (Teilphase Ib) mit reduzierter Leistung (P2) betrieben wird, wobei der Übergang von der hohen (P1) zur reduzierten Leistung (P2) dann erfolgt, wenn seit dem Start der Brennkraftmaschine (100) eine wählbare Zeitspanne verstrichen ist oder wenn davon auszugehen ist, daß die Temperatur (TSe) des keramischen Sensors (112) einen Schwellwert (TSe1) überschritten hat.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus temperaturabhängigen Eigenschaften des keramischen Sensors (112) oder aus dem Signal eines in thermischen Kontakt mit dem keramischen Sensor (112) stehenden Temperatursensors ermittelt wird, ob die Temperatur (TSe) des keramischen Sensors (112) den Schwellwert (TSe1) überschritten hat.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Übergang vom ersten Betriebszustand (Phase I) zum zweiten Betriebszustand (Phase II) der Brennkraftmaschine (100) erfolgt, wenn seit Beginn des ersten Betriebszustands (Phase I) eine wählbare Zeitspanne verstrichen ist.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang vom ersten Betriebszustand (Phase I) zum zweiten Betriebszustand (Phase II) der Brennkraftmaschine (100) erfolgt, wenn davon auszugehen ist, daß die Temperatur (TAbg) der Abgasanlage in der Umgebung des keramischen Sensors (112) einen Schwellwert (TTau) überschritten hat.

8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Signal eines Temperatursensors, der in der Umgebung des keramischen Sensors angebracht ist oder aus einem Modell, das die Temperatur (TAbg) in der Umgebung des keramischen Sensors näherungsweise beschreibt, ermittelt wird, ob die Temperatur (TAbg) in der Umgebung des keramischen Sensors (112) den Schwellwert (TTau) überschritten hat.

9. System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Modell die seit dem Starten der Brennkraftmaschine (110) angesaugte Luftmenge oder Luftmasse aufintegriert wird und das Integral mit einem Schwellwert verglichen wird.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die kritische Temperatur (TSeK) so gewählt wird, daß bei einem Betrieb des keramischen Sensors (112) unterhalb der kritischen Temperatur (TSeK) keine nennenswerte Gefahr einer Beschädigung des keramischen Sensors (112) bei Kontakt mit Flüssigkeit besteht.

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der keramische Sensor (112) während des ersten Betriebszustands (Phase I) der Brennkraftmaschine (100) im Temperaturbereich zwischen dem Schwellwert (TSe1), oberhalb dessen der keramische Sensor (112) wenigstens bedingt betriebsbereit ist, und der kritischen Temperatur (TSeK) betrieben wird.

12. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Heizelement (114) des keramischen Sensors (112) auf Veranlassung eines zeitlich vor dem Start der Brennkraftmaschine (100) liegenden Vorgangs einschaltbar ist.

13. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der keramische Sensor (112) eine Sauerstoff-Sonde ist, die im Abgaskanal (104) der Brennkraftmaschine (100) in Stromrichtung der Abgase gesehen vor oder nach einem Katalysator (118) angeordnet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

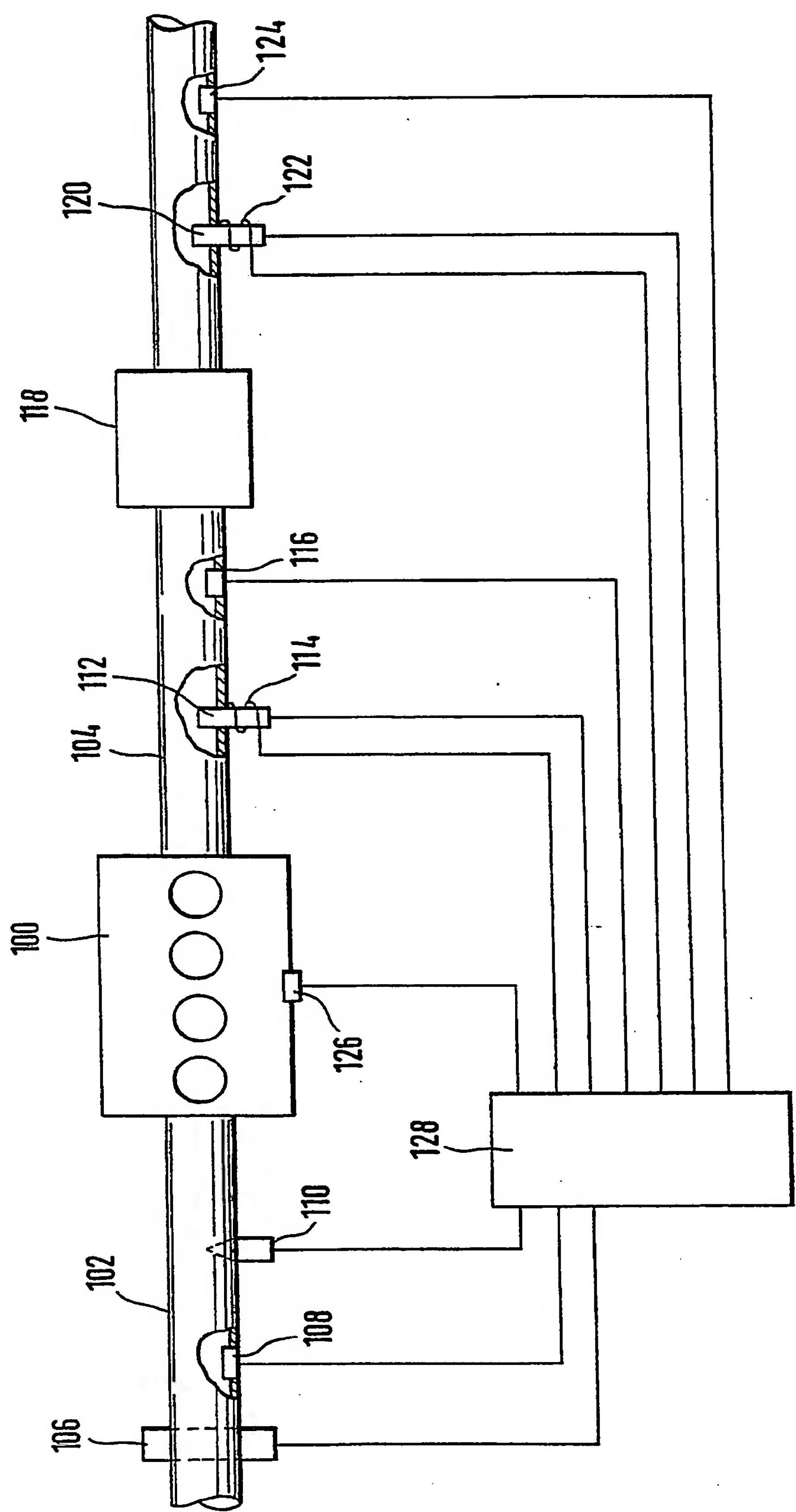


Fig.1

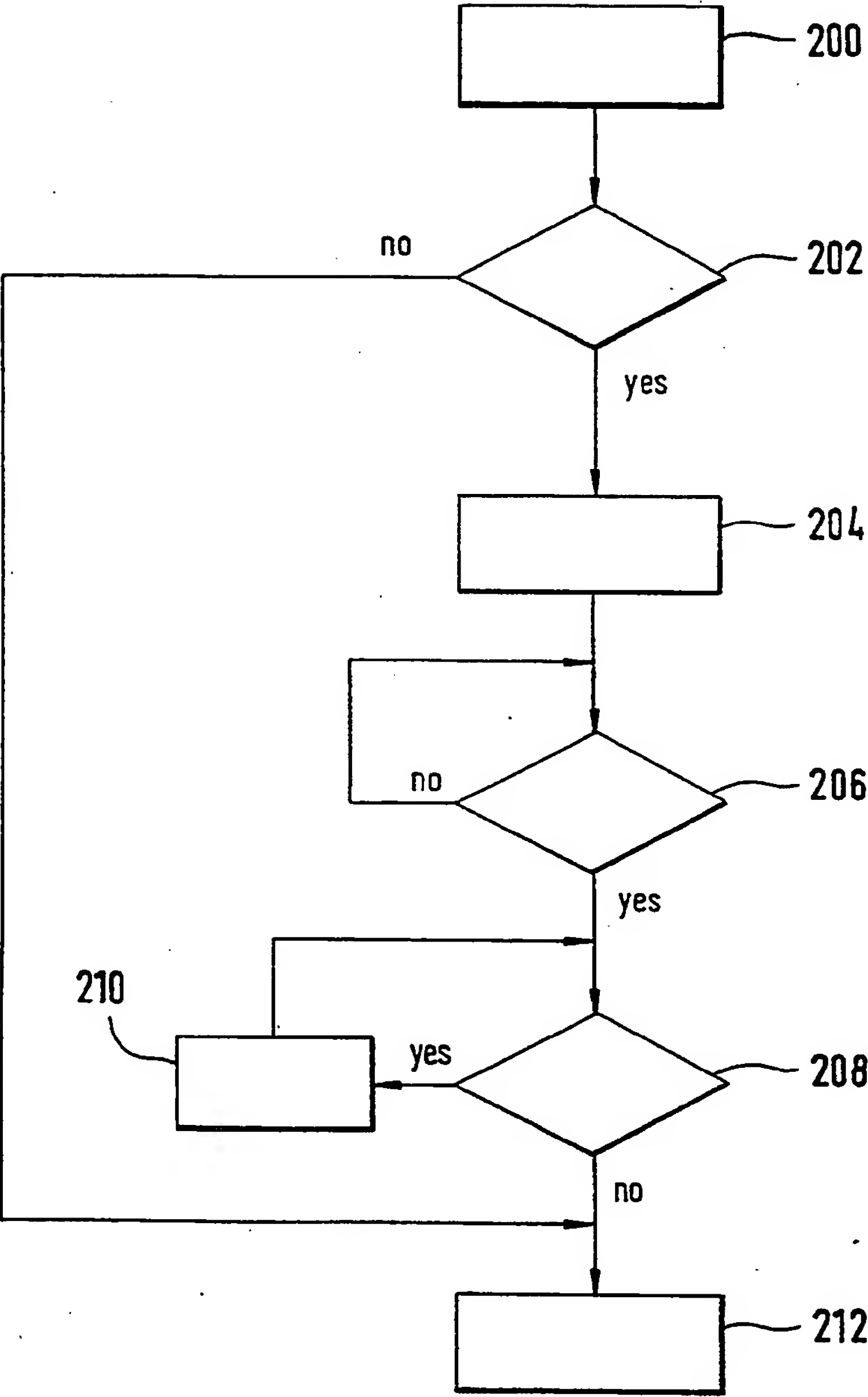
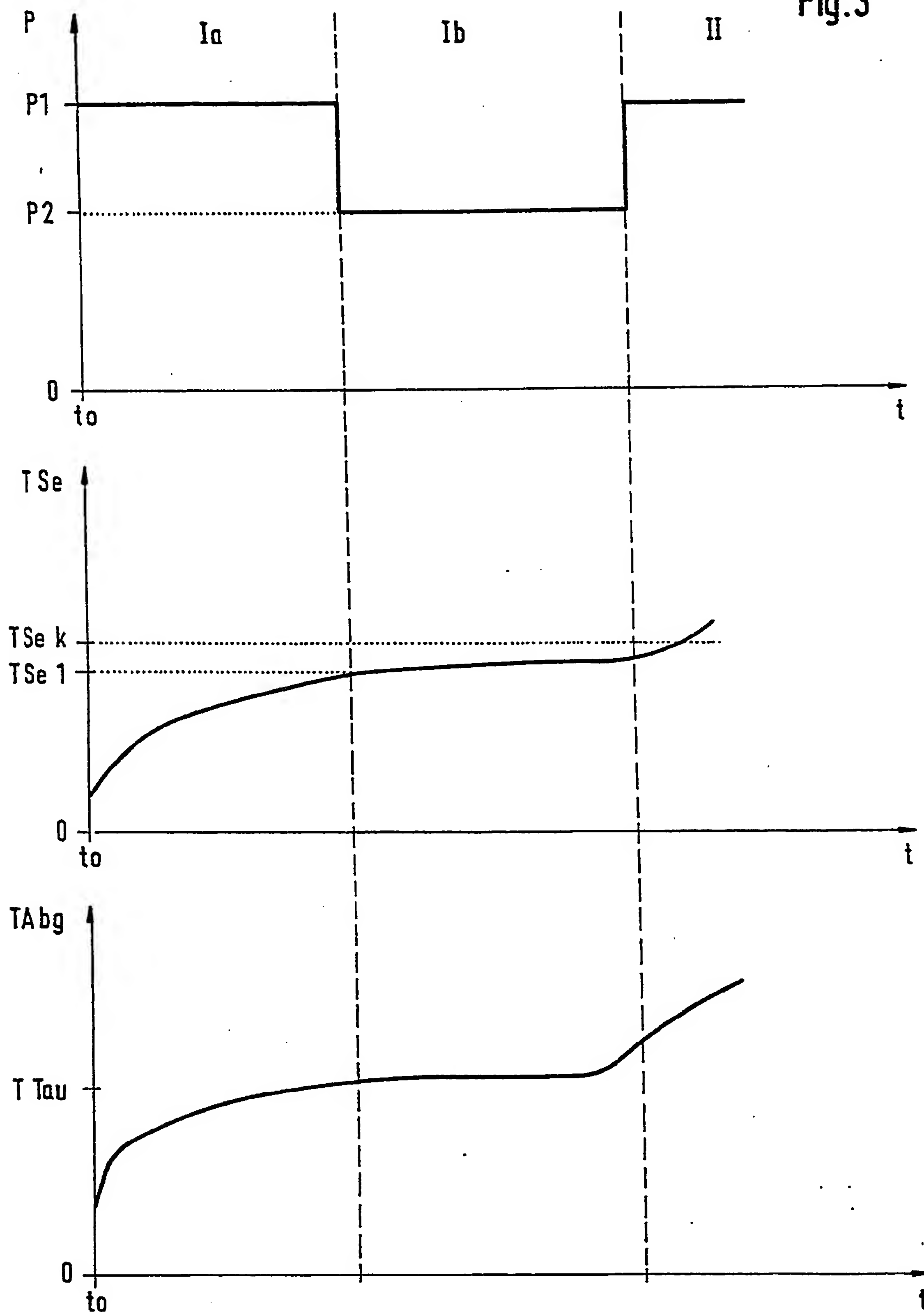


Fig.2

Fig.3



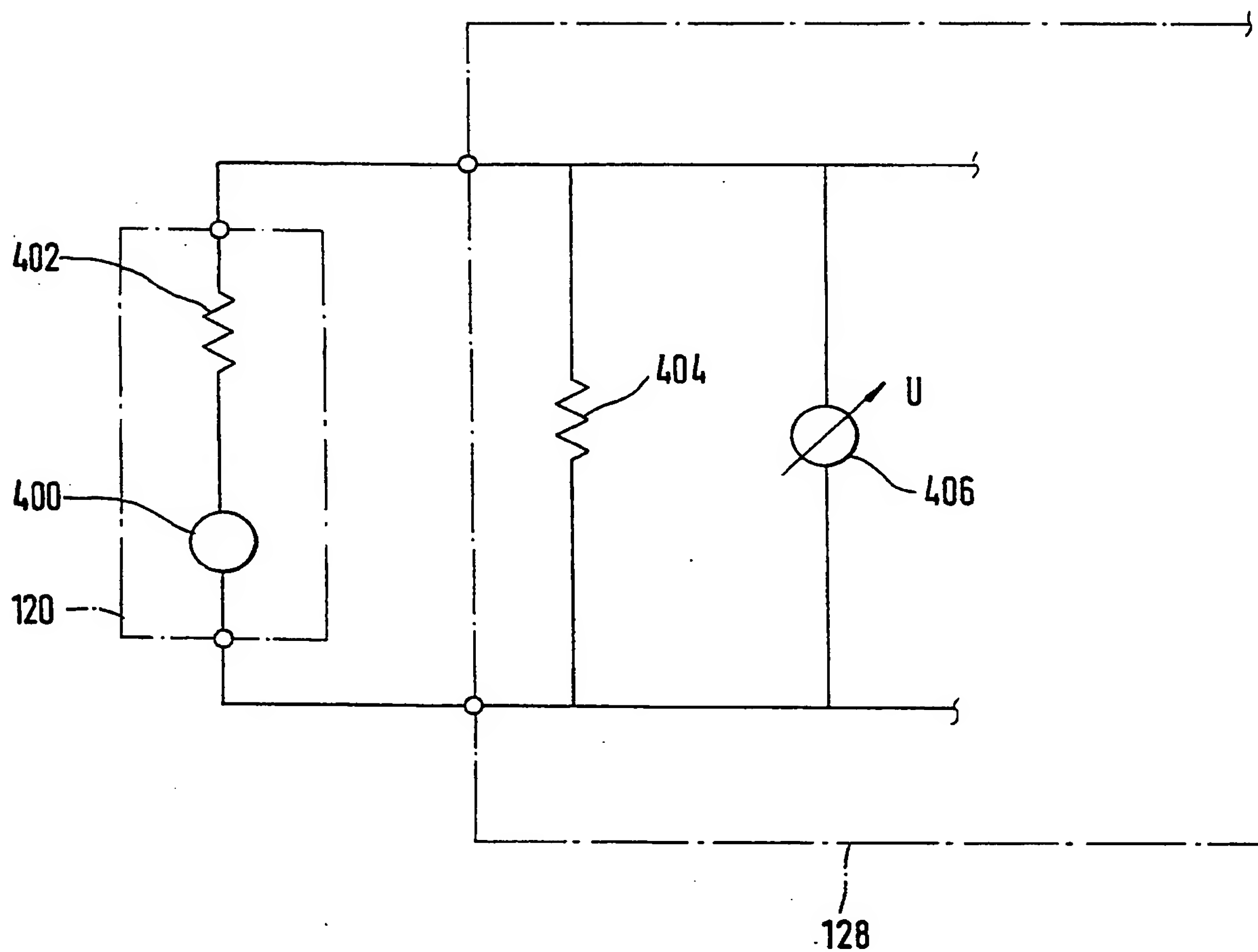


Fig. 4